






## ULTRASONIC KNIFE

**Patent number:** JP1070036  
**Publication date:** 1989-03-15  
**Inventor:** WIKSELL HANS  
**Applicant:** SWEDEMED AB  
**Classification:**  
 - international: A61B17/36; B26F3/00  
 - european:  
**Application number:** JP19870308798 19871208  
**Priority number(s):**

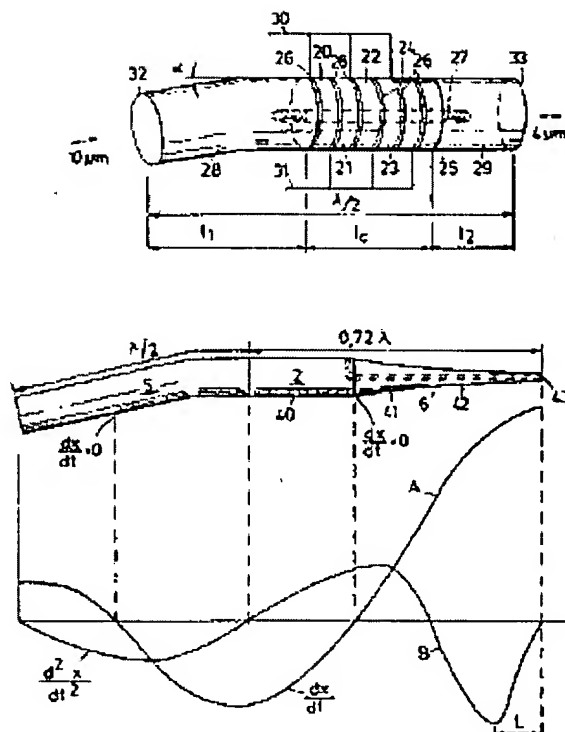
### Also published as:

 EP0305627 (A1)  
 US4974581 (A1)  
 EP0305627 (B1)  
 SE8703458 (L)  
 SE458821 (B)

### Abstract of JP1070036

**PURPOSE:** To provide a bent ultrasonic knife using no waveguide between a transducer unit and a horn by providing the transducer unit with a resonant rod and bending the resonant rod.

**CONSTITUTION:** This ultrasonic knife is composed primarily of a transducer unit 5 and a knife part 2 in the form of horn. The horn can be connected to the transducer unit 5 at a position where lengthwise vibrations get maximum, for example, and all the connection parts to the horn 2 using seals are set at positions along the horn where the lengthwise vibration amplitude gets minimum. Of course, the knife further has a connection part for generating vibrations by supplying the alternative voltage at an ultrasonic frequency through lead wires 30 and 31 to the section of the transducer part 5. The horn 2 is an amplitude transducer, a hole 6 can be passed through the center of top end of the horn and connected to a sucking tube, and a tube for supplying salt solution can be mounted at the top end of the knife as well.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-70036

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>A 61 B 17/36  
B 26 F 3/00

識別記号

3 3 0

庁内整理番号

6761-4C  
E-7366-3C

⑭ 公開 昭和64年(1989)3月15日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 超音波ナイフ

⑯ 特 願 昭62-308798

⑰ 出 願 昭62(1987)12月8日

優先権主張 ⑱ 1987年9月4日 ⑲ スウェーデン(SE) ⑳ 8703458-3

㉑ 発 明 者 ハンス ウイクセル スウェーデン国、エス-183 43 テビイ、オドリングス  
ペーゲン 21番㉒ 出 願 人 スウェーデンムド アク スウェーデン国、エス-751 48 アップサラ、ビー オ  
チボラーグ - ボックス 1824番

㉓ 代 理 人 弁理士 浜田 治雄

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

超音波ナイフ

## 2. 特許請求の範囲

- (1) 組織に接触させるべき先端(43)を備えたホーン(2)と、このホーンの対向端部に接続されかつ前記先端(43)に対し長手方向の振動を付与すべく配置されたトランスジューサユニット(5)とからなり、前記トランスジューサユニットは共鳴ロッドを備え、この共鳴ロッド(28)が湾曲していることを特徴とする超音波ナイフ。
- (2) ホーン(2)をトランスジューサユニット(5)に直接接続してなる特許請求の範囲第1項記載の超音波ナイフ。
- (3) トランスジューサユニット(5)が圧電ユニット(20~26)を備えて、これを2本の共鳴ロッド(28、29)間に固定し、これ

らロッドの一方(28)を湾曲させてなる特許請求の範囲第1項または第2項記載の超音波ナイフ。

- (4) 湾曲した共鳴ロッド(28)を圧電ユニット(20~26)とホーン(2)との間に位置せしめた特許請求の範囲第3項記載の超音波ナイフ。

- (5) 湾曲した共鳴ロッド(28)を約16°の変位を与えるよう屈曲してなる特許請求の範囲第1項乃至第4項のいずれかに記載の超音波ナイフ。

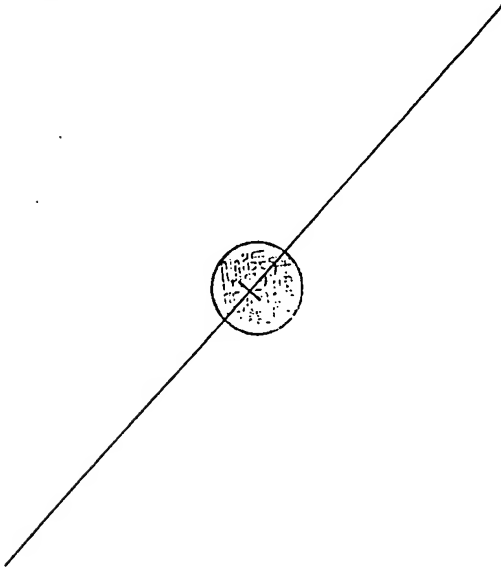
- (6) トランスジューサユニット(5)が0.5λの長さを有し、λがトランスジューサユニット(5)の長手方向の振動波長に相当する特許請求の範囲第1項乃至第5項のいずれかに記載の超音波ナイフ。

- (7) ホーン(2)が約0.7λの長さを有する特許請求の範囲第6項記載の超音波ナイフ。

- (8) トランスジューサユニット(5)とホーン(2)とをホーン(2)の先端(43)に対

しほぼ純粋な長手方向の振動を付与すべく配置してなる特許請求の範囲第1項乃至第7項のいずれかに記載の超音波ナイフ。

(9) 共鳴ロッド(28)をほぼその全長に沿ってほぼ均一に湾曲させてなる特許請求の範囲第1項乃至第8項のいずれかに記載の超音波ナイフ。



#### 〔従来技術とその問題点〕

特に脳幹もしくは脊髄領域における手術に関し、すなわち立体顕微鏡を最大の効率で使用する場合、超音波ナイフはトランスジューサ系を有するその後端部が特に顕微鏡と操作点との間の視線を遮らないように湾曲配置して設計せねばならない。

問題とする種類の超音波ナイフは既にスイス特許出願第 85 05 289-2号から知られている。この場合、トランスジューサユニットは直線状であって  $1.5\lambda$  の長さを有する ( $\lambda$  は適切な長手方向の振動の波長を意味する)。ホーンは約  $0.7\lambda$  の長さを有して適当な振幅の増幅を与える。

高度の効率をもってかつ先端に対する非直線的振動方式で極めて明確な長手方向の振動により望ましいように作動する超音波ナイフを得るには、相当な研究開発が必要とされる。この研究の結果は前記スエーデン特許公開公報に記載されており、ここには特にトランスジューサユニットが  $0.5\lambda$  の長さを持たねばならないことが記載されており、この長さは振動周波数、トランスジューサ材料に

#### 3. 発明の詳細な説明

##### 〔発明の概要〕

トランスジューサユニット(5)と、これに直接接続された振幅増幅用のホーンとからなる湾曲した超音波ナイフにつき開示し、このナイフはホーンの先端(43)に対しほぼ長手方向の振動を付与するようにな形状を有する。トランスジューサユニットは圧電ユニットを備えて、これをトランスジューサユニット(5)に軸線方向に固定する。圧電ユニットとホーン(2)との間に位置せしめた共鳴ロッド(28)を屈曲させて、たとえば  $16^\circ$  の変位を与える。

##### 〔発明の属する技術分野〕

本発明は、組織と接触させるべき先端を備えたホーンと、このホーンの前向端部に接続されかつ前記先端に長手方向の振動を付与するよう配置されたトランスジューサユニットとからなる超音波ナイフに関するものである。

おける長手方向の伝播速度およびトランスジューサユニットにおける長さとの比に依存する。

前記スエーデン特許公開公報には、さらにトランスジューサユニットが長手方向に対照的でない共鳴ロッドを有するのが適しているとも述べられている。したがって振動の振幅は、ホーンに接続されたトランスジューサユニットの端部にて一層大となる。

さらに、トランスジューサユニットを設計する場合、長さとの間の比は低周波数においてさえ音波現象を妨げる可能性につき臨界的となりうることを考慮せねばならない。

したがって、トランスジューサの長手方向の振動は、適当な形状の「ホーン」(好ましくはスエーデン特許公開公報に記載された形状を有しかつ約  $0.72\lambda$  の長さを有するホーン)によって増幅せねばならない。

上記から明らかなように、トランスジューサおよびホーンは連携してホーンの前向先端に所定の運動を発生させ、さらに材料および電気工学に關

連した多数の幾何学的パラメータが音波的にも共鳴に関してもこの目的で完全に連携することが認められるであろう。

したがって、公知の超音波ナイフは  $0.5\lambda$  の長さを有する直線トランスジューサとこれに接続された約  $0.7\lambda$  の直線ホーンとを備える。ジュラルミンまたは適当なチタン合金で作成されかつ24 KHzの周波数と約16mmのトランスジューサ直径とを有するナイフの全長は約250mmとなる。

当業者には周知されかつ前記スエーデン特許公開公報にも記載されているように、トランスジューサとホーンとは導波管を介して連結することができ、この導波管は  $0.5\lambda$  の倍数の長さを持たねばならない。この種の導波管は好ましくは低損失を与える硬質材料、たとえばチタン、ジュラルミンもしくはマグネシウムで構成される。この種の導波管を備えると、超音波ナイフの全長は24 KHzの周波数につき上記種類の材料を用いて約350mmとなる。

このような長さの増大は、一般に前記導波管に

トランスジューサにおけるこの湾曲共鳴ロッドの長さは調節せねばならない。直線状の共鳴ロッドと比較して、湾曲共鳴ロッドの長さは所定周波数（すなわち一般に24 KHzの公称周波数）にて共鳴を与えるよう調節せねばならない。何故なら、長手方向の波形が、各曲率によって生ずる経路の差に応じて異なる位相距離だけ移動せねばならないからである。本発明によれば、この長さは好ましくは変化する曲率につき平均値を回復するように選択される。共鳴ロッドの変位は、たとえば約  $16^\circ$  である。

適するトランスジューサユニットは前記スエーデン特許公開公報に記載されたような一般的設計であって、短いロッド部分と長いロッド部分とを備え、それらの間に積層圧電素子を固定して、得られるトランスジューサユニットが一端部にて他端部よりも高い振幅を有するようにし、好ましくはさらに振幅を増幅するホーンをトランスジューサユニットの前記一端部に接続する。

僅かな湾曲を可能にする場合にのみ合理化される。したがって、湾曲した超音波ナイフを冒頭記載の種類の用途に使用することができる。

しかしながら、湾曲したナイフを作成する従来の可能性はその長さおよび重量を相当に増大させねばならず、これはその操作性に対しマイナスの作用を有することが認められるであろう。

〔発明が解決しようとする問題点〕

今回、上記種類の直線状ナイフ設計とは性能上大差がなくかつトランスジューサユニットとホーンとの間に導波管を用いない上記種類の湾曲した超音波ナイフを提供しうることが判明した。

〔問題点を解決するための手段〕

本発明によれば、これはトランスジューサユニットに湾曲した共鳴ロッドを設けることにより達成される。

今回驚くことに、トランスジューサユニットにおける共鳴ロッドの湾曲設計は公知の超音波ナイフに存在する微妙なパラメータの調和に殆んど悪影響を与えないことが判明した。しかしながら、

〔実施例〕

以下、添付図面を参照してトランスジューサユニットとホーンとの間に湾曲導波管を用いない本発明による湾曲超音波ナイフの例につき説明する。

第2図に見られるように、超音波ナイフは主としてトランスジューサユニット5と「ホーン」の形態のナイフ部分2とで構成される。当業者には明らかなように、ホーンはたとえば長手方向の振動が最大となる箇所にてトランスジューサユニット5に接続することができる。さらに明かなように、たとえばオーリングのようなシールを用いたホーン2に対する全ての接続部を、長手方向の振動振幅が最小となるホーンに沿った箇所に位置せしめることが適している。

勿論、このナイフはさらに、超音波周波数の交番電圧をトランスジューサユニット5の部分にリード線30、31を介し供給して振動を発生させるための接続部をも有する。このホーン2は振幅変換器であり、その形状につき下記に説明する。穴6をホーン先端の中心に貫通させかつ吸引チュ

ープに接続することができる。ナイフの先端に塩水溶液を供給するためのチューブも装着することができる。

第1図のトランスジューサは焼結セラミック材料よりなる6個のリング20～25を備えた圧電素子からなり、それらの間にたとえば銅-ベリリウム合金の有孔円盤26を挿入する。これらのリング20～25および円盤26は、両端部にネジを有するチタン製ピン27に配置される。さらに、このピンには電気絶縁材料（たとえばテフロン）の層（図示せず）を設けて、円盤26に対する電気絶縁体として作用させる。マグネシウム合金などで作成された円筒状の共鳴ロッド28、29をピン27の各端部に螺着し、かつ全ユニット20～29に静的予備応力をかけて約500kg/cm<sup>2</sup>の圧力を与えることにより、電圧がリード線30、31を介して伝達された際に加えられる相当な加速に耐えうるようにする。これらのリード線は、一方が交互の円盤に接続されかつ他方が残余の円盤に接続されるように、これらの円盤26へ電気

接続される。

トランスジューサの長さは交番供給電圧の波長の半分である。共鳴ロッド28、29は異なる長さL<sub>1</sub> およびL<sub>2</sub> を有し、これらの長さはロッドが直線状であれば次のように計算される：

$$\frac{\omega l_c}{v_c} + \tan^{-1} \left[ \frac{A_1 \cdot P_1 \cdot v_1}{A_c \cdot P_c \cdot v_c} \right] \cdot \tan \left[ \frac{\omega l_1}{v_1} \right] + \tan^{-1} \left[ \frac{A_2 \cdot P_2 \cdot v_2}{A_c \cdot P_c \cdot v_c} \right] \cdot \tan \left[ \frac{\omega l_2}{v_2} \right] = \pi$$

〔式中、 $f = \omega / 2\pi$ であり、

l<sub>1</sub>、l<sub>2</sub>、l<sub>c</sub>はロッド28、29の長さまたはリングユニット20～25の長さを示し、v<sub>1</sub>、v<sub>2</sub>、v<sub>c</sub>は同じユニットに対する音速を示し、

A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>c</sub>はこれらユニットの断面積を示し、かつ

P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>、P<sub>c</sub>はこれらユニットの密度を示す〕。

しかしながら、本発明によればこれら共鳴ロッドの1個（好ましくは共鳴ロッド28）が湾曲しており、その変位はたとえば16°であるため長さL<sub>1</sub>が変化し、長手方向の波形は湾曲部分に対する各曲率によって生ずる異なった経路に応じて異なる位相距離だけ移動せねばならない。好ましくは、変化する曲率につき平均値を回復するような長さが選択される。

図示したナイフ装置の好適実施例によれば適する比l<sub>1</sub> : l<sub>2</sub>は2.5であって、トランスジューサは端部表面32にて約10μmのストロークで振動しかつ端部表面33にて4μmのストロークで振動する。好ましくは、長さ約0.72λの振幅変換器2をトランスジューサの端部表面32に接続して、運動の大きさを約30倍増幅する。

トランスジューサと振幅変換器とはボルトにより合体されて、たとえばネジ結合により2本のロッド28、29に接続される。

使用する振幅変換器は、好ましくはアルミニウムおよびバナジウムを含むチタン合金で作成され

る。鉄含有量は0.3%を越えてはならない。振幅変換器は3つのセクション40、41、42を備える。セクション40は円筒形状であってセクション41に合体し、その形状は次式のフーリエル型の波形関数である：

$$U(X) = \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n \cos k_n \cdot \pi \cdot x$$

〔式中、U(X) = X方向における長手方向変位、

α<sub>n</sub> = 定数〕

セクション42は相当なテーパを有する。このナイフの実施例によれば長手方向の振動に関し顕著な共鳴が得られ、さらに周波数の面からこの共鳴は第2の長手方向の共鳴および横方向振動に関する残余の共鳴から相当に分離される。横軸が曲線AおよびBにしたがう振幅変換器の長さを示し、かつ縦軸が曲線Aによる長手方向の振動および曲線Bにしたがう材料応力の程度を示す第3図のグラフを第1図と組合せれば判るように、ナイフの

ストロークは点43にてその最大値に達し、かつ孔部6が表面上で開口する箇所に於て0方向に減少する。かくして、振動により影響を受けないオーリングシールにより孔部に対する減圧チューブの接続部を封止することができる。同じ理由で、ハンドルをトランスジューサ5に装着して操作員の手における振動を防止することもできる。さらに、曲線Bは材料応力が最も外側の先端43ではなく、この先端の内側の距離に位置する領域で最大となることを示している。このナイフ形状の利点は、増大した使用寿命を与える点において明瞭である。このナイフの共鳴点は、ナイフをトランスジューサに接続すると共にこのトランスジューサに電気エネルギーまたは超音波周波数を供給することにより、実験的に容易に検査することができる。先端43の運動をかくして測定することができる。

[効果]

したがって本発明によれば、湾曲したナイフ形状にも拘らず制限されない振幅を得ることができ、すなわち先端43につき300(240)μmの振幅と

して「フル」データを達成することができる。これにも拘らず、この装置は効率的に機能しかつ損失ファクタが良好であって、トランスジューサユニット5における出力発生を許容しうるものにする。本発明によれば、24kHzの周波数につき約250mmの全長を有し、しかもナイフの中央領域に屈曲部(たとえば16°)を有する超音波ナイフを作成することができる。

上記設計のナイフを用いて前記スウェーデン特許公開公報第85 05 289-2号に記載された手動装置にほぼ匹敵するデータが得られ、しかも先端43に対する操作員の視線が妨げられないという利点も得られ、さらにこのナイフは公知の直線状ナイフよりも軽いかつ公知のナイフとは大差のない長さとなる。かくして、フィードバックに対する操作員の鋭敏性も保持される。

共鳴ロッド28を真の意味では屈曲させることができない。何故なら、その場合再現性のあるデータをもはや容易に得ることができないからである。湾曲共鳴ロッド28は殆んど応力のない適す

る金属(たとえばジュラルミン合金)の素材から作成され、たとえば16°の変位角度αを持って湾曲形状が付与され、この湾曲は何回も調節して曲げたり圧延することにより得られ、その結果共鳴ロッドから実質的に応力が除去されて再現性のあるデータが得られる。この湾曲は好ましくは連続的であり、かつロッドの大部分の長さに沿って延在することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による超音波ナイフに組込まれたトランスジューサユニットの略図であり、

第2図は本発明の超音波ナイフにおける重要部品の略側面図であり、

第3図は第2図による超音波ナイフの長手方向における振幅分布を示しかつ超音波ナイフの長さに沿った材料応力の大きさを示す特性曲線図である。

5…トランスジューサユニット

20~25…リング 26…有孔円盤

ピン…27

28、29…共鳴ロッド

30、31…リード線 32、33…端部表面

40、41、42…セクション

43…先端部

特許出願人 スウェーデン アクナボラーグ

出願人代理人 弁理士 浜田 治雄



2…ホーン

